

DERWENT-ACC-NO: 2000-073888  
DERWENT-WEEK: 200165  
COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Stringer-reinforced shell production with double curvature using fibrous composite materials, without risk of warping

INVENTOR: BREUER, U; MUELLER, J

PATENT-ASSIGNEE: DAIMLER-BENZ AEROSPACE AIRBUS GMBH[DAIM],  
DEUT ZENT LUFT &  
RAUMFAHRT EV[DELF]

PRIORITY-DATA: 1998DE-1032441 (July 18, 1998)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
<u>DE 19832441 C1</u>	<u>January 5, 2000</u>	N/A	006	B29C 070/42
US 6306239 B1	October 23, 2001	N/A	000	B32B 031/04

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
DE 19832441C1	N/A	1998DE-1032441	July 18, 1998
US 6306239B1	N/A	1999US-0356214	July 16, 1999

INT-CL (IPC): B29C070/42; B32B031/04

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 19832441C

BASIC-ABSTRACT: NOVELTY - A fiber-reinforced, hard skin is laid on the mold, with surfaces and curvatures conforming. A conforming fiber-reinforced strip is placed upon it, edge-down. On either side of the intervening strip, a fiber-reinforced L-section or angle is laid, back-to-back against each broad side of the strip. They too, conform against the skin and are held immovably against it. The assembly is covered and packed vacuum-tight, pressure and heat

are then applied externally to give adhesion and setting. A solidly-bonded assembly results, with no danger of separation.

DETAILED DESCRIPTION - Preferred Features: The strip is separated from a previously-hardened fiber-reinforced panel. Numbers of strips are spaced over the skin, with the aid of a frame jig.

USE - To make a skin with curvatures, reinforced by conforming longitudinal stringer assemblies, in composite materials.

ADVANTAGE - The method produces a stringer-reinforced shell or casing in composite material, avoiding use of complex and high-cost molds for hardening. Warping and distortion are completely eliminated.

ABSTRACTED-PUB-NO: US 6306239B

EQUIVALENT-ABSTRACTS: NOVELTY - A fiber-reinforced, hard skin is laid on the

mold, with surfaces and curvatures conforming. A conforming fiber-reinforced strip is placed upon it, edge-down. On either side of the intervening strip, a fiber-reinforced L-section or angle is laid, back-to-back against each broad side of the strip. They too, conform against the skin and are held immovably against it. The assembly is covered and packed vacuum-tight, pressure and heat

are then applied externally to give adhesion and setting. A solidly-bonded assembly results, with no danger of separation.

DETAILED DESCRIPTION - Preferred Features: The strip is separated from a previously-hardened fiber-reinforced panel. Numbers of strips are spaced over the skin, with the aid of a frame jig.

USE - To make a skin with curvatures, reinforced by conforming longitudinal stringer assemblies, in composite materials.

ADVANTAGE - The method produces a stringer-reinforced shell or casing in composite material, avoiding use of complex and high-cost molds for hardening. Warping and distortion are completely eliminated.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.0/3

TITLE-TERMS:

STRINGER REINFORCED SHELL PRODUCE DOUBLE CURVE FIBRE  
COMPOSITE MATERIAL RISK  
WARP

DERWENT-CLASS: A32 A95 P73

CPI-CODES: A11-B09C; A11-C02D; A12-S08;

ENHANCED-POLYMER-INDEXING:

Polymer Index [1.1]

018 ; P0000 ; M9999 M2073 ; L9999 L2391 ; L9999 L2073 ; S9999 S1558  
; S9999 S1581 ; S9999 S1649\*R ; S9999 S1434 ; K9892

Polymer Index [1.2]

018 ; ND07 ; N9999 N6042\*R ; N9999 N5721\*R ; N9999 N5856 ; N9999  
N6440\*R ; N9999 N6177\*R ; N9999 N6600 ; K9892 ; K9949 ; K9416 ;  
B9999 B3758\*R B3747 ; B9999 B3792 B3747 ; B9999 B3623 B3554 ; B9999  
B5301 B5298 B5276 ; Q9999 Q9223 Q9212 ; Q9999 Q9289 Q9212

Polymer Index [1.3]

018 ; A999 A419 ; S9999 S1070\*R

SECONDARY-ACC-NO:

CPI Secondary Accession Numbers: C2000-021432



#7/U.d.M.  
6/23/01

## Bescheinigung

Die Daimler-Benz Aerospace Airbus GmbH in Hamburg/Deutschland und die Anmelderin Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. in Bonn/Deutschland haben eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren zur Herstellung einer stringerversteiften Schale in Faserverbundbauweise"

am 18. Juli 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Der Firmenname der Anmelderin wurde geändert in:

DaimlerChrysler Aerospace Airbus GmbH.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol B 29 C 70/42 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 6. Juli 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Brand

## Verfahren zur Herstellung einer stringerversteiften Schale in Faserverbundbauweise

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung einer stringerversteiften Schale in Faserverbundbauweise gemäß dem Anspruch 1. Mit ihr lassen sich komplex geformte faserverstärkte Kunststoffstrukturen, die aus einer schalenförmigen Haut und diese versteifenden Profilen (Stringern) bestehen, umsetzen. Die Anwendung der Erfindung ist prinzipiell bei der Herstellung aller stringerversteiften Schalen in Faserverbundbauweise möglich, wobei sich mit ihr im Flugzeugbau für die Fertigung der Seiten- und Höhenleitwerke und der Flügel besondere technologische Vorteile erzielen lassen.

Es ist bekannt, stringerversteifte Strukturen aus Faserverbundwerkstoffen im Flugzeugbau zu verwenden. Sie werden für Primärstrukturen eines Passagierflugzeuges eingesetzt, deren konkreter Anwendungsfall der Fachwelt an einem komplett aus Kohlefaser-Verbundwerkstoffen (CFK) hergestellte Seitenleitwerk bekannter Airbus-Produkte geläufig ist. Bieling (Bieling, U.: Serieneinsatz von Faserverbundwerkstoffen im Flugzeugbau - dargestellt am Seitenleitwerk des Airbus; VDI Berichte Nr. 965.1, Seiten 77 bis 88; VDI Verlag Düsseldorf 1992) und daneben (auch) Rouchon (Rouchon, J.: Certification of large aircraft composite structures, recent progress and new trends in compliance philosophy; Proceedings 17th ICAS Conference, Stockholm 1990) vermitteln dazu jeweils in einem Aufsatz entsprechende Eindrücke der Realisierung von bekannten versteiften Strukturen aus Faserverbundwerkstoffen. Einige Betrachtungen von Bieling beziehen sich dabei auf die Fertigung von versteifenden Innenstrukturen hochintegrierter CFK-Bauteile für eine Seitenleitwerk-Mittelschale oder einen Seitenleitwerk-Mittelkasten. Unter anderem spricht Bieling auch die komplexe Fertigung bei der sogenannten Modulkernntechnik an. In diesem Zusammenhang geht der Autor näher auf den Fertigungsablauf einer Seitenleitwerk-Mittelkastenschale ein, bei dem man die sortiert angelieferten CFK-Zuschnitte in Hautlagen und Bandagen unterteilt. Die Hautlagen werden manuell in Laminierformen eingelegt; die Bandagen in einem teilautomatisierten Prozeß um die sogenannten Modulkerne gewickelt. Bei den eingesetzten rechteckigen Modulkernen der Seitenleitwerks-Schalen werden mehrlagige Bandagen in einem Arbeitsgang um die Kerne gewickelt.

Der gesamte Wickelprozeß stellt hohe Anforderungen an ein ausreichend hohes und reproduzierbares Klebeverhalten der Prepregs. Dabei werden trapezförmige oder geometrisch komplexe Modulkerne Lage für Lage manuell bewickelt. Danach werden die bewickelten Modulkerne in einer genau vorgegebenen Ordnung auf einem Drehgerüst aufgezeilt. Dabei bilden die zwischen den aufgezeilten Modulkernen liegenden Prepregs bei der Aushärtung die versteifende Innenstruktur der hochintegrierten CFK-Bauteile. Nach Abschluß eines sich anschließenden Laminierungsvorganges für die Hautlagen und Fixierung aller Modulkerne rotiert das Drehgerüst dermaßen, daß alle Kerne nach unten hängen und das gesamte Drehgerüst auf die in der Laminierform liegenden Hautlagen abgesenkt wird. Nach Entriegelung der Kerne verbleiben diese auf der Laminierform und das Bauteil wird für den Aushärtvorgang vorbereitet. Nach erfolgter Aushärtung werden die Bauteile entformt. Dabei werden zunächst die Mittelteile der dreiteiligen Modulkerne und danach die seitlichen Teile aus dem Bauteil gezogen. Nach der Entnahme aller Kernteile wird das Bauteil aus der Form gehoben und der mechanischen Bearbeitung zugeführt. Die Modulkerne werden von Restharz befreit und erneut eingetrennt. Die Laminierform wird gesäubert und eingetrennt. In Fortsetzung vorgenannter Schritte werden dann die individuellen Kernteile wieder zu einem Modulkern zusammengefügt und für den nächsten Wickelprozeß bereitgestellt. Sofern alle erwähnten Maßnahmen technologisch durchlaufen sind werden die Bauteile einer abschließenden mechanischen Bearbeitung (Umrißbearbeitung, Bohren, Fräsen) unterzogen, dem sich eine zerstörungsfreie Prüfung anschließt.

Die vorangestellten Betrachtungen verdeutlichen, daß - trotz aller genutzten Vorteile bei in Faserverbundbauweise eingesetzten Primärstrukturen (bspw. eines Seitenleitwerkes) am Flugzeug Gewichtseinsparung, sehr gute spezifische Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften, verringerte Anzahl von Einzelkomponenten, korrosionsbeständige Bauteile) - weitere Verbesserungen bei der Herstellung derartiger Primärstrukturen (rationellere Fertigung mit geringerem werkzeugbaulichen Aufwand bei gleichzeitiger Absicherung der (im Flugzeugbau üblichen) hohen technischen Anforderungen) sinnvoll erscheinen, um den auch weitestgehend technischen und technologischen Herausforderungen beim Bau von zivilen Großraumflugzeugen zu genügen. Diesem Anliegen ist auch die Umsetzung von rationelleren Fertigungstechnologien bei der Realisierung versteifter Primärstrukturen aus Faserverbundwerkstoffen, die sich sowohl auf die Seitenleitwerk- als auch auf die Flügel-Herstellung eines Flugzeuges übertragen lassen, untergeordnet.

Es erscheint deshalb wichtig, bekannte Fertigungstechnologien zu effektivieren, um auf komplex gekrümmte Schalen bzw. Häute eine möglichst einfache Applikation von Stringer zu ermöglichen. Dabei ist es der Fachwelt bekannt, daß bei der Herstellung stringerversteifter Strukturen in Faserverbundbauweise bei der Anpassung der Steifen (Stringer) an die Schalen- bzw. Hautkrümmung ein Problem besteht, wonach vorgefertigte, bereits ausgehärtete Steifen bei einer zu starken erzwungenen Krümmung zu Montageschwierigkeiten und Bauteilverzug führen. Nicht ausgehärtete Halbzeuge für die Steifen bedürfen bislang sehr aufwendiger und teurer Formwerkzeuge für die Aushärtung und Verbindung mit der Struktur. Die erwähnten Publikationen von Bieling und von Rouchon geben der Fachwelt darüber keine Auskunft, wie man die Fertigung komplex geformter, stringerversteifter Strukturen (Schalen, Häute) - bei gleichzeitiger Abstellung des vorgenannten Problems - verbessern kann.



Die Aufgabe liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung einer ringerversteiften Schale in Faserverbundbauweise anzugeben, mit dem die Verwendung vorfertigter, harter Materialzuschnitte, die zugleich als Formwerkzeug für die (exakt an die Krümmung angepaßten) Stringer bei der Bauteilfertigung und als tragende Elemente in der fertigen Struktur dienen, umgesetzt wird. Die Verwendung von komplizierten und kostenintensiven Formwerkzeugen für die Aushärtung ist gänzlich auszuschließen. Ein unerwünschter Bauteilverzug infolge einer mit dem Materialzuschnitt erzwungenen Krümmung ist vollkommen zu vermeiden.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 angegebenen Maßnahmen gelöst. In den weiteren Ansprüchen sind zweckmäßige Ausgestaltungen dieser Maßnahmen angegeben.



Die Erfindung ist in einem Ausführungsbeispiel anhand der Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigen

- Fig. 1 eine Platte mit Darstellung von herausgetrennten Streifen-Zuschnitten;
- Fig. 2 ein Schalen-Formwerkzeug mit einem ihm umfänglich aufsitzenden Hilfsrahmen und innerhalb diesem auf einer Formteilhaut (einer Schale) angeordnetem Aufbau zur Herstellung einer stringerversteiften Schale in Faserverbundbauweise;
- Fig. 3 die Einzelheit X nach der Fig. 2.

Es wird eine Technologie für die Herstellung komplex geformter, stringerversteifter Schalen vorgestellt, mit der die Stringer auf einfach Weise und ohne zusätzliche (kostenintensive) Werkzeuge an die Krümmung einer Haut 6 (genauer: einer Formteilhaut), die aufgrund ihrer Zusammensetzung und ihres Aussehens nachfolgend (allgemein) auch als Schale bezeichnet wird, angepaßt werden. Die Herstellung von dermaßen umgesetzten stringerversteiften Schalen erfordert im Vergleich der [im Einleitungsteil vorgestellten Technologie(n)] weitaus weniger Aufwand.

Zunächst werden in einem vorgelagerten Arbeitsschritt aus einer bereits ausgehärteten harten Platte 4 aus faserverstärktem Material entsprechende Streifen-Zuschnitte 5 (sogenannte Blades) herausgetrennt, deren vordefinierte Krümmung man aus der Seitenansicht nach Fig. 1 ersehen kann. Die Darstellung nach der Fig. 1 vermittelt dem Betrachter eine Platte 4, der mit geeigneten Maßnahmen bereits die benötigten Streifen-Zuschnitte 5 herausgetrennt wurden. Es läßt sich nur die Seitenansicht der Streifen-Zuschnitte 5 erkennen.

Die vorgefertigten Streifen-Zuschnitte 5 werden darauffolgend dem Aufbau nach der Fig. 2 integriert, mit dem im (nach Abschluß des letzten Verfahrensschrittes: ausgehärteten) Endzustand eine stringerversteifte Schale realisiert wird.

Nachfolgend wird auf den Aufbau nach Fig. 2 näher eingegangen, aus der man ein stationär angeordnetes Schalen-Formwerkzeug 1 ansehen kann, dessen Oberfläche eine vordefinierte Krümmung aufweist. Auf dieser Oberfläche wird eine zu versteifende gekrümmte Haut 6, die aus einem faserverstärkten Material besteht, abgelegt. Die Krümmung der Haut 6 ist der gekrümmten Oberfläche des Schalen-Formwerkzeuges 1 oberflächenkonform angepaßt. Diese Haut 6 kann bereits im ausgehärteten Zustand vorliegen, wobei auch die alternative Verwendung einer nicht ausgehärteten Haut 6 (Schale) möglich erscheint. Danach werden auf der Haut 6 mehrere harte Streifen-Zuschnitte 5 (Blades) in vertikaler Stellung positioniert, die mit einer ihrer (beiden) Schmalseiten 51 der Hautoberfläche aufliegen. Die Krümmung der hautaufliegenden Schmalseite 51 entspricht - bezogen auf die Streifen-Länge l des jeweiligen Streifen-Zuschnittes 5 - der Hautkrümmung, die - wegen der exakten Anpassung der Schalseite 51 des Streifen-Zuschnittes 5 an die Haut 6 - positionsgenau aufeinander abgestimmt werden. Das vertikale Positionieren der Streifen-Zuschnitte 5 kann beispielsweise maßgeblich durch einen am Umfang des Schalen-Formwerkzeuges 1 aufgesetzten Hilfsrahmen 2 unterstützt werden, dessen innenliegende Seiten umfänglich mehrere vertikal angeordnete und zueinander definiert beabstandete Schlitze 22 aufweisen, die der Wandung 21 des Hilfsrahmens 2 ausgenommen sind. Diesen Schlitzen 22 werden die Endbereiche der Streifen-Zuschnitte 5 (dem Vorbild eines Setzkastens entsprechend) eingeführt. Dadurch werden die Streifen-Zuschnitte 5, die parallel zueinander liegen, in ihrer vertikalen Lage (mit Hilfe des Hilfsrahmens 2) schmalseitig auf der Haut 6 fixiert. Darauf folgend wird zwischen den paarweise sich gegenüberliegenden Streifen-Zuschnitten 5 ein längsverlaufendes Versteifungsprofil eingelegt, das gleichsam dem betreffenden außenliegenden (nahe der Wandung 21 des Hilfsrahmens 2 befindlichen) Streifen-Zuschnitt 5 anliegt.

Es handelt sich dabei um faserverstärkte U- oder L-Profile, die (in Richtung der Streifenlänge l verlaufen und) aus faserverstärktem, nicht oder nur teilweise ausgehärtetem Material bestehen, die mit einem vertikal gerichteten Flansch (des U-Profiles) bzw. mit einem vertikal gerichteten Schenkel (des L-Profiles) an jeweils einer längsverlaufenden Breitseite 52 des Streifen-Zuschnittes 5 (angepaßt) anliegen. Der Flansch des U-Profiles bzw. der Schenkel des L-Profiles, die (jeweils nach Wahl ihrer Verwendung als einzusetzendes Versteifungsprofil 7) den beiden Breitseiten 52 des jeweiligen Streifen-Zuschnittes 5 anliegen, verkörpern (allgemein betrachtet) einen Steg 72 des längsverlaufenden Versteifungsprofiles 7.

Ein Stringer wird dabei jeweils aus zwei Stegen 72 des Versteifungsprofils 7 und dem zwischen-geordneten und ihnen vertikal anliegenden Streifen-Zuschnitt 5 (gemäß dem Vorbild nach der Fig. 3 an der Stelle X) nach erfolgter Aushärtung der (Matrix-) Elemente-Strukturen des Aufbaus gebildet. Sofern ein längsverlaufendes U-Profil als Versteifungsprofil 7 ausgewählt wird, liegen dessen beiderseitig sich vertikal erstreckende äußeren Flanschflächen formangepaßt den betreffenden Flächen der längsverlaufenden Breitseiten 52 zweier parallel und nebeneinander angeordneten Streifen-Zuschnitte 5 an. Die zwischen den Streifen-Zuschnitten 5 horizontal längsverlaufende und der Haut 6 aufliegende Fläche des U-Profiles befindet sich in einem der Hautkrümmung angepaßten Zustand. Es wird mit erwähnt, daß diese noch verformbaren U- oder L-Profile aus entsprechend vorgeformten vorimprägnierten Faserhalbzeugen (Prepregs) oder textilen Zuschnitten mit Harzfilm bestehen können.

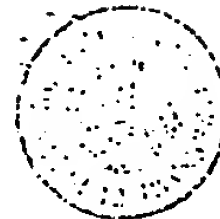
Eine zusätzliche Fixierung des vorbereiteten (vorgenannten) Stringer-Aufbaus - vor der abschließenden Aushärtung der Struktur - kann (zusätzlich der vorerwähnten Maßnahmen) zwischen den parallel liegenden Streifen-Zuschnitten - an bestimmten Stellen durch Verwendung von einem weiteren faserverstärkten oder metallischen Versteifungsprofil 3 kurzer Länge k, das vorzugsweise als U-Profil ausgeführt ist, geschehen. Es handelt sich dabei um vorgefertigte harte Hilfseinsätze, die zwischen den Stegen 72 des Versteifungsprofils 7 (den Innenseiten der Flansche des eingesetzten U-Profiles) an bestimmten Stellen eingepaßt werden, mit denen eine exakte Positionierung und horizontale Fixierung der versteifenden Profile (Stringer) zueinander gewährleistet wird. Diese (sogenannten) Hilfseinsätze werden (zwischen zwei Streifen-Zuschnitten 5) beabstandet angeordnet, wobei die Stege 72, 31 beider Versteifungsprofile 7, 3 einander anliegen. Durch diese setzkastenartige Verkeilung wird eine Verschiebung der nicht ausgehärteten Versteifungsprofile 7 in horizontaler Richtung praktisch ausgeschlossen. Dabei werden die dermaßen verkeilten Hilfseinsätze (harten Zuschnitte) nach der Aushärtung der gesamten (Matrix-) Elemente-Struktur entweder (beispielsweise zur späteren Anbindung der Rippen (als Verbindungselemente)) fest mit dem Versteifungsprofil 7 verbunden und als tragende Elemente (Versteifungen) in der Struktur verbleiben oder wieder entfernt. Abschließend erfolgt das vakuumdichte Verpacken des gesamten (vorgeschilderten) Aufbaus und die Aushärtung der (Matrix-) Elemente-Struktur(en) durch Applikation von Druck und Wärme im Autoklav, infolge dessen die Struktur(en) des Aufbaus verkleben und aushärten. Die Formgebung der Stringer unter Beibehaltung der gewünschten Position erfolgt dabei durch die Fixierung an den bereits ausgehärteten Streifen-Zuschnitten (Blades).

Aushärtung erfolgt auch die Verbindung der Streifen-Zuschnitte 5 mit den Stegen 72 der angelegten längsverlaufenden Versteifungsprofile 7 (U- oder L-Profil). Danach werden das laufende Versteifungsprofil 7 mit dem betreffenden Streifen-Zuschnitt 5 und der Haut 6 auch die zusätzlich dem Versteifungsprofil 7 verkeilten kurzen Hilfseinsätze 3) an der Stelle im Verlaufe des Aushärtungsprozesses eine feste unlösbare mechanische Verbindung

Fig. 3 wird eine Einzelheit X dargestellt, die sich auf ein detaillierteres Abbild des Aufbaus der chalen-gewölbten Oberfläche des Schalen-Formwerkzeuges 1 an der Stelle X bezieht. Die bezieht sich auf einen im Querschnitt dargestellten Stringer-Endbereich (vor der Aushärtung der fix-Elemente-Struktur). Aus der Querschnitts-Abbildung kann man zwei vertikal gerichtete der (hier) als Versteifungsprofile 7 eingesetzten L-Profile erkennen, die jeweils den Breitseiten 52 eines vertikal und schmalseitig auf der Haut 6 (Formteilhaut) positionierten Profiles 5 anliegen. Bei dieser Darstellung wird die Krümmung der Haut 6 vernachlässigt. Anz der gezeigten L-Profile durch entsprechende als Versteifungsprofile 7 eingesetzte U- wird jeweils ein vertikal gerichteter Flansch des betreffenden U- Profils den Breitseiten

beschriebenen Verfahren (Ein-Schritt-Herstellung komplex geformter, stringerversteifter Faserverbundbauweise) ist eine einfache Anpassung der Stringer an eine beliebig geformte Haut 6 möglich. Ebenso ist eine Verwendung nicht-gradliniger Stringer denkbar. Die bisher benötigten, die bislang zur Formgebung und Stützung der nicht ausgehärteten Struktur benötigten, sind nicht mehr (im bisherigen Maß) erforderlich. Aufgrund des Wegfalls dieser Formwerkzeuge sinkt der anteilige Aufwand für Werkzeugherstellung, Entformungs- und Reinigungs- und deutlich ab. Nachträgliche Änderungen der Formteil-Wanddicken rufen wesentlich weniger Aufwände bei der Änderung der wenigen noch benötigten Formwerkzeuge hervor.





97-HH-58  
PJP / Sin  
06.07.98

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer stringerversteiften Schale in Faserverbundbauweise, zu dessen Umsetzung ein Schalen-Formwerkzeug (1) eingesetzt wird, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß auf der gekrümmten Oberfläche des Schalen-Formwerkzeuges (1) eine ihrer Krümmung angepaßte und oberflächenkonform befindliche faserverstärkte und harte Haut (6) abgelegt wird, daß danach wenigstens ein vertikal angeordneter faserverstärkter Streifen-Zuschnitt (5) über die Streifen-Länge (l) mit einer Schmalseite (51) auf der Haut (6) positioniert wird, dessen aufliegende Schmalseite (51) mit der Hautkrümmung übereinstimmt, daß darauffolgend dem Streifen-Zuschnitt (5) entlang der Streifen-Länge (l) jeweils zu beiden Breitseiten (52) ein längsverlaufendes, verformbares faserverstärktes Versteifungsprofil (7) angelegt wird, dessen der Haut (6) aufliegender Seitenbereich (71) sich der Hautkrümmung anpaßt, das der Haut (6) oberflächenkonform aufliegt und sich auf ihr keinesfalls verschieben läßt, daß im Anschluß daran der gesamte Aufbau vakuumdicht verpackt wird und darauffolgend der externen Zufuhr von Druck und Wärme ausgesetzt wird, infolge dessen die Elemente-Struktur(en) des Aufbaus verkleben und aushärten, wobei das Versteifungsprofil (7) im Verlaufe des Aushärtungsprozesses mit dem Streifen-Zuschnitt (5) und der Haut (6) eine feste und unlösbare mechanische Verbindung eingehen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, daß der Streifen-Zuschnitt (5) in einem vorgelagerten Arbeitsschritt aus einer bereits ausgehärteten faser-verstärkten Platte (4) herausgetrennt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, daß mehrere Streifen-Zuschnitte (5) auf der Haut (6) positioniert werden, die in den dafür vorgesehenen und am inneren Umfang des Hilfsrahmens (2) verteilten vertikalen Schlitzten (22), die sich paarweise gegenüberstehen, fixiert werden, wobei sich die vertikal aufgestellten und zueinander beabstandeten Streifen-Zuschnitte (5) im definierten Abstand zueinander erstrecken.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, daß zwischen zwei Streifen-Zuschnitten (5) den in Längsrichtung verlaufenden und sich vertikal gegenüberstehenden Breitseiten (52) jeweils ein Steg (72) eines als U- oder L-Profil ausgeführten längsverlaufenden Versteifungsprofiles (7) angelegt wird, wobei sich ein Stringer jeweils aus zwei Stegen (72) der U- oder L-Profile und dem zwischengeordneten und ihnen vertikal anliegenden Streifen-Zuschnitt (5) nach erfolgter Aushärtung der Elementestrukturen des Aufbaus ergibt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, daß die parallel angeordneten Streifen-Zuschnitte (5) in einem über die Streifen-Länge (l) verteilten definierten Abstand (a) zueinander aufgestellt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 4, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, daß eine zusätzliche Fixierung der Stringer durch die Positionierung von wenigstens einem weiteren faser-verstärkten Versteifungsprofil (3) kurzer Länge (k), das vorzugsweise als U-Profil ausgeführt ist, erreicht wird, das zwischen den Stegen (72) der längsverlaufenden Versteifungsprofile (7) an bestimmten Stellen eingepaßt wird, wobei die Stege (72, 31) beider Versteifungsprofile (7, 3) einander anliegen.

7. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß zu den beiden Breitseiten (52) des Streifen-Zuschnittes (5) jeweils ein aus bereits ausgehärtetem oder aus nur teilweise ausgehärtetem oder aus noch nicht ausgehärtetem Material bestehendes längsverlaufendes Versteifungsprofil (3) angelegt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 6, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß zwischen den Stegen (72) zweier längsverlaufender Versteifungsprofile (7) etwa im Auflagebereich, der der halben Profillänge entspricht, ein weiteres kurzes Versteifungsprofile (3) eingepaßt wird und diesem weitestgehend gleichmäßig der halben Profillänge beabstandet weitere kurze Versteifungsprofile (3) eingepaßt werden oder anderenfalls an der Profillänge verteilte weitere kurze Versteifungsprofile (3) eingepaßt werden, mit denen eine exakte Positionierung und Fixierung der Versteifungsprofile (7) zueinander gewährleistet wird.
9. Verfahren nach Anspruch 6, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß vor der Aushärtung der Elemente-Struktur(en) weitere kurze Versteifungsprofile (3), die grundsätzlich aus einem bereits ausgehärteten und harten faserverstärktem Material bestehend sind, eingepaßt werden.
10. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß ausgehärtete und mit der Schmalseite (51) an die Hautkrümmung angepaßte harte Streifen-Zuschnitte (5) auf der Haut (6) positioniert werden und danach den Breitseiten (52) entlang der Streifenlänge (l) an die Streifen-Zuschnitte (5) nicht oder nur teilweise ausgehärtete längsverlaufende Versteifungsprofile (7) exakt angepaßt werden und darauffolgend die Aushärtung des allseitig vakuumverpackten Aufbaus durch Applikation von Wärme und Druck erreicht wird, wobei die Streifen-Zuschnitte (5) zugleich als Formwerkzeug und nach der Verbindung mit den längsverlaufenden Versteifungsprofilen (7), die sich während des Aushärtungsprozesses den Streifen-Zuschnitten (5) anpassen werden, als tragenden Struktur einer dermaßen erreichten stringerversteiften Struktur in Gebrauch genommen werden.



11. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die als Faserhalbzeug oder als mit einem Harzfilm versehener Textilizuschnitt ausgebildeten längsverlaufenden Versteifungsprofile (7), die in einem vorgelagerten Arbeitsschritt entsprechend vorgeformt und vorimprägniert werden, durch die Applikation mit Wärme unter Druck noch verformt werden.
12. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß dem Schalen-Formwerkzeug (1) umfänglich ein Hilfsrahmen (2) aufgesetzt wird und die Endbereiche des betreffenden vertikal angeordneten Streifen-Zuschnittes (5) jeweils innerhalb von der Wandung (21) des Hilfsrahmens (2) vertikal ausgenommenen Schlitzten (22), die sich dem eingerahmten Bereich der Haut (6) zuwenden und paarweise gegenüberstehen, fixiert werden.
13. Verfahren nach den Ansprüchen 4 und 12, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Streifen-Zuschnitte (5) in einem über die Streifen-Länge (l) verteilten Abstand (a), der durch den Abstand der Schlitzte (22) im Hilfsrahmen (2) vordefiniert wird, zueinander aufgestellt werden.

## Zusammenfassung

### Verfahren zur Herstellung einer stringerversteiften Schale in Faserverbundbauweise

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung einer stringerversteiften Schale in Faserverbundbauweise. Mit ihr lassen sich komplex geformte faserverstärkte Kunststoffstrukturen, die aus einer schalenförmigen Haut und diese versteifenden Profilen (Stringern) bestehen, umsetzen. Die Anwendung der Erfindung ist prinzipiell bei der Herstellung aller stringerversteiften Schalen in Faserverbundbauweise möglich.

Mit dem Verfahren wird die Verwendung vorgefertigter, harter Materialzuschnitte, die zugleich als Formwerkzeug für die (exakt an die Krümmung angepaßten) Stringer bei der Bauteilfertigung und als tragende Elemente in der fertigen Struktur dienen, umgesetzt. Die Verwendung von komplizierten und kostenintensiven Formwerkzeugen wird gänzlich ausgeschlossen. Dabei wird ein unerwünschter Bauteilverzug infolge einer mit dem Materialzuschnitt erzwungenen Krümmung vollkommen vermieden.

Das Verfahren wird durch folgende Schritte charakterisiert, wonach auf einer gekrümmten Oberfläche eines Schalen-Formwerkzeuges eine ihrer Krümmung angepaßte und oberflächenkonform befindliche faserverstärkte Haut abgelegt wird, danach wenigstens ein vertikal angeordneter faserverstärkter Streifen-Zuschnitt über die Streifen-Länge mit einer Schmalseite auf der Haut positioniert wird, dessen aufliegende Schmalseite mit der Hautkrümmung übereinstimmt, wobei die Endbereiche des Streifen-Zuschnittes jeweils innerhalb von der Wandung eines Hilfsrahmens vertikal ausgenommenen Schlitten, die sich dem eingerahmten Bereich der Haut zuwenden und teilweise gegenüberstehen, fixiert werden, darauffolgend dem Streifen-Zuschnitt entlang der Streifen-Länge jeweils zu beiden Breitseiten ein längsverlaufendes, verformbares faserverstärktes Versteifungsprofil angelegt wird, dessen der Haut aufliegender Seitenbereich sich an die Hautkrümmung anpaßt, das der Haut oberflächenkonform aufliegt, im Anschluß daran der gesamte Aufbau vakuumdicht verpackt wird und darauffolgend der externen Zufuhr von Druck und Wärme ausgesetzt wird, infolge dessen die Elemente-Struktur(en) des Aufbaus verkleben und aushärten, wobei das Versteifungsprofil im Verlaufe des Aushärtungsprozesses mit dem Streifen-Zuschnitt an der Haut eine feste und unlösbare mechanische Verbindung eingehen werden.

Bezugszeichen

- 1 Schalen-Formwerkzeug
- 2 Hilfsrahmen (mit Schlitz 22 versehen)
- 21 Wandung (des Hilfsrahmens 2)
- 22 Schlitz, vertikal
- 3 Versteifungsprofil, kurz (sogenannter Hilfseinsatz)
- 31 Steg (des kurzen Versteifungsprofiles 3)
- 4 Platte
- 5 Streifen-Zuschnitt (sogenannter Blade)
- 51 Schmalseite (des Streifen-Zuschnittes 5)
- 52 Breitseite (des Streifen-Zuschnittes 5)
- 6 Haut (sogenannte Schale), gekrümmt
- 7 Versteifungsprofil (längsverlaufend)
- 71 Seitenbereich (hautaufliegend)
- 72 Steg (des Versteifungsprofiles 7)
- Streifenlänge (des Streifen-Zuschnittes 5)
- (konst.) Abstand (zwischen parallel angeordneten Streifen-Zuschnitten 5)
- Länge (des weiteren Versteifungsprofiles 3)
- 1 Einzelheit

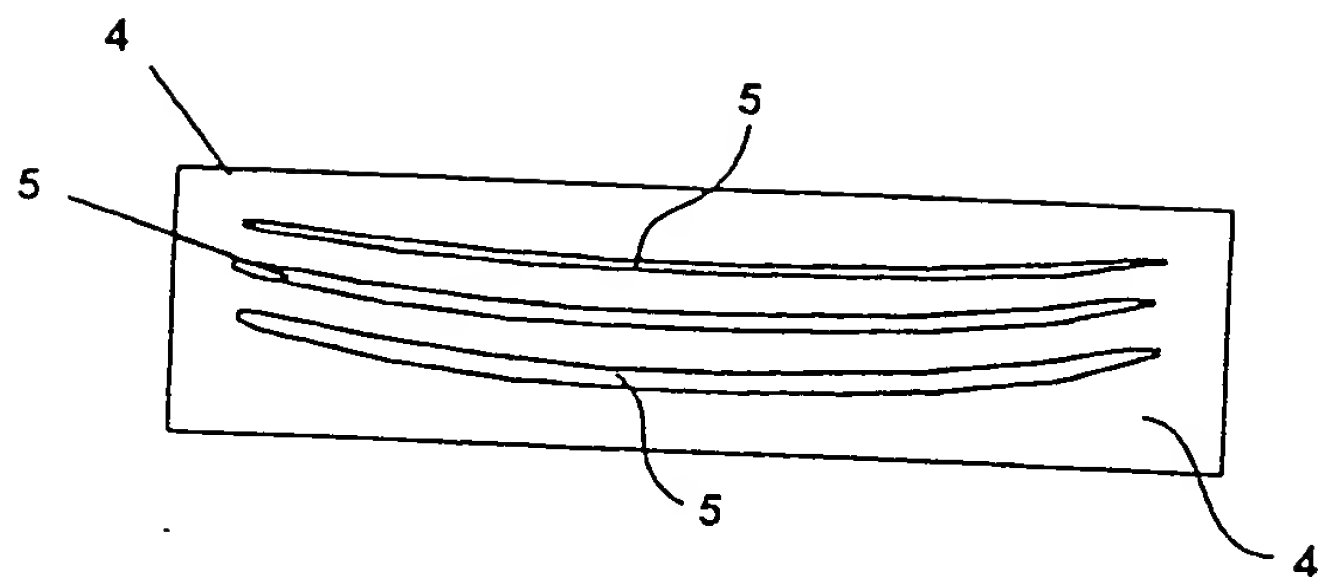
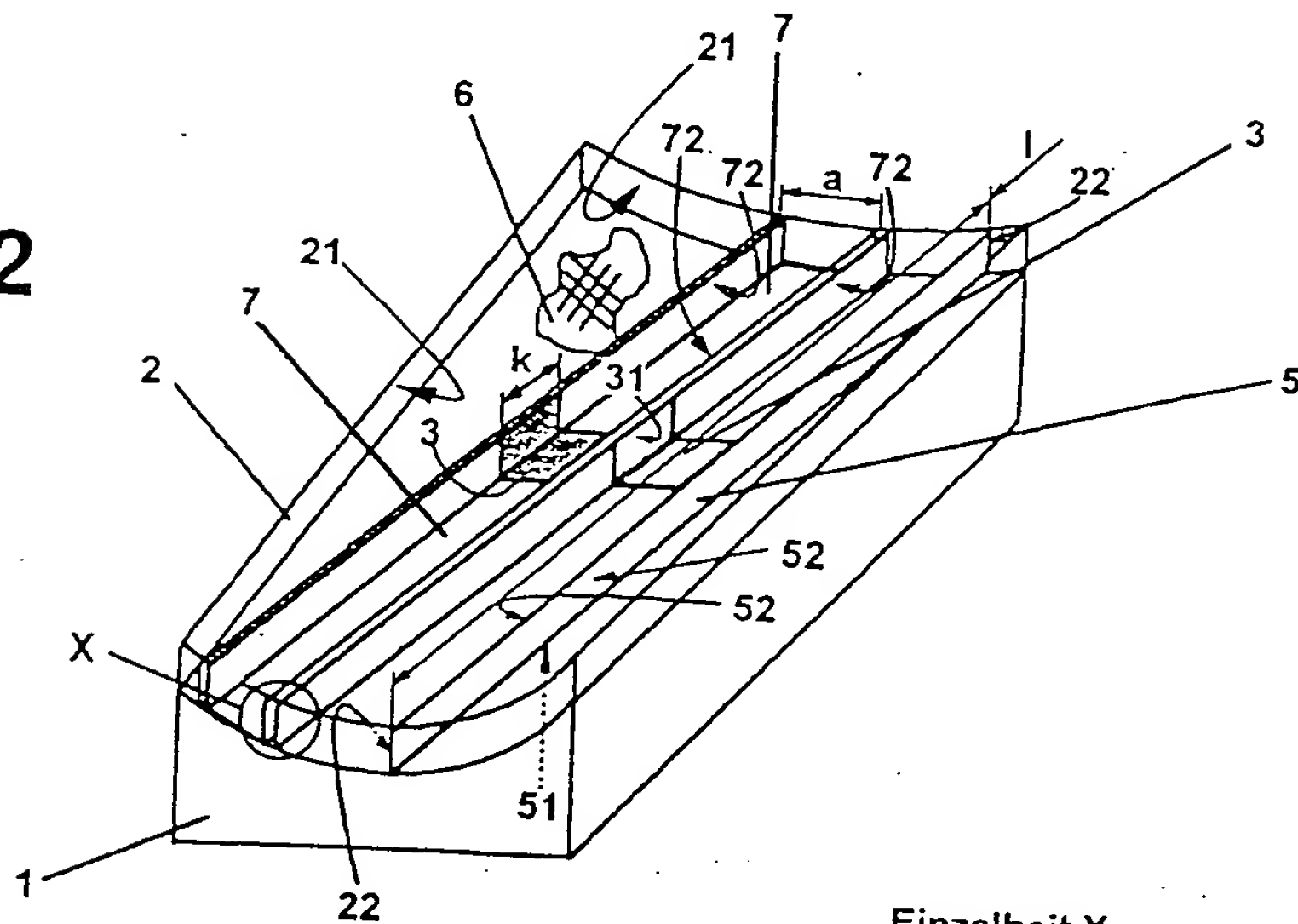


Fig. 1

Fig. 2



Einzelheit X

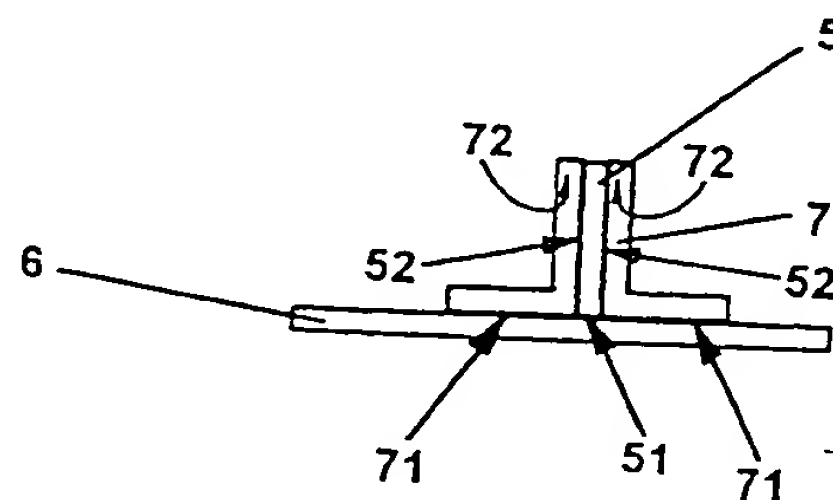


Fig. 3